

CONTROL QUIMICO EN EL MANEJO INTEGRADO DE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* MORELET)

Preparado por: Ing. Douglas H. Marín, Ph.D.
Noviembre, 2018

Los fungicidas son las principales armas químicas a emplear en el combate de la Sigatoka negra, y forman parte del control integral de la enfermedad.

La selección del fungicida a emplear debe considerar diferentes factores, entre los que se incluyen las condiciones climáticas, el sistema de cultivo, el conocimiento de la epidemiología de la enfermedad, la sensibilidad a los fungicidas sitio/específico, el manejo del cultivo, y como interactúan todo estos factores. Por tanto, el control químico forma parte de una estrategia de manejo integrado, la cual también considera prácticas de manejo de inóculo, sistema de drenaje apropiados, densidad ideal de plantas, y condiciones nutricionales adecuadas para el crecimiento de la planta (Romero *et al*, 2018).

Los fungicidas se agrupan en dos categorías: **fungicidas protectores**, también conocidos como de contacto o multi/sitio, y **fungicidas sistémicos**, conocidos como curativos o sitio/específico. En el **Cuadro 1** se presenta una lista de los fungicidas de uso común en el manejo de la Sigatoka negra en banano.

Los fungicidas protectantes son productos que no penetran en las hojas. Se requiere de una distribución uniforme del fungicida sobre la superficie de la hoja, con la finalidad de formar una "capa protectora" que evite que las esporas del hongo penetren la hoja. El modo de acción de estos productos es multi-sitio, o sea que actúan en diferentes rutas metabólicas por la que la probabilidad de generar de resistencia es muy baja (Marín y Romero, 1992).

Los fungicidas sistémicos es el grupo más importante utilizado para el manejo de la enfermedad. Estos productos penetran al interior de la hoja, y son movidos internamente hacia los bordes y puntas de las hojas. En consecuencia, su acción sobre el hongo la ejercen desde el interior de la hoja, pudiendo curar infecciones ocurridas con varios días de anterioridad a la aplicación, y además, proporcionando un periodo de protección posterior a dicha aplicación. El uso de estos productos tiene que ser mucho más cuidadoso que el de los protectores, dado que el hongo ha desarrollado resistencia a los mismos (Marín y Romero, 1992).

Fungicidas protectantes:

Los ditiocarbamatos y fungicidas relativos se encuentran disponibles en diferentes formulaciones, tanto para aplicar en agua, como en emulsión agua:aceite. Entre ellos se encuentran: mancozeb, propineb, metiram y thiram, siendo el mancozeb, el más usado (Romero *et al*, 2018).

Otro fungicida protectante es el clorotalonil, el cual pertenece al grupo de los cloronitrilos. Tiene una baja solubilidad en agua, lo cual favorece su actividad fungicida, y reduce su fitotoxicidad potencial. Sin embargo, este producto debe ser aplicado en agua, dado que su mezcla con aceite causa fitotoxicidad en las hojas, el cual es evidenciado por un bronceado superficial de la lámina. Este efecto es observado incluso con deposiciones de tratamientos previos a la aplicación de clorotalonil (Romero *et al*, 2018).

Fungicidas inorgánicos compuestos por azufre y cobre también podrían ser empleados; sin embargo, su uso para el control de Sigatoka negra es limitado debido a la existencia de productos más activos en el mercado (Romero *et al*, 2018).

Fungicidas sistémicos

Benzimidazoles (MBC)

Los Benzimidazoles son fungicidas de amplio espectro que se usan a bajas dosis y que han sido usados comercialmente para el control de enfermedades desde finales de los años 60. Son productos sistémicos y de efecto curativo que permitió la aplicación de fungicidas a mayores intervalos; sin embargo, la aparición de cepas resistentes ha limitado su uso en muchos países bananeros del mundo. El producto más utilizado en banano ha sido el benomil, aunque también está disponible el metil-tiofananto y el carbendazin. Los benzimidazoles actúan sobre la síntesis de β -tubulina, sustancia empleada para la formación de los microtúbulos necesarios durante la división celular. Pertenecen al grupo 1 de modos de acción de FRAC, denominados MBC (Methyl Benzimidazole Carbamates), y se considera como un grupo con alto riesgo de resistencia.

Inhibidores de la di-metilación (DMI)

Todos los ingredientes activos pertenecientes a la clase de los DMI son considerados como un sólo grupo de productos, entre los cuales existe en general algún grado de resistencia cruzada. Mezclas de dos o más DMI's pueden ser usadas para proveer buena eficacia biológica; sin embargo, esto no debe ser considerado como una estrategia anti-resistencia y deben ser tratados como un sólo DMI para manejo de resistencia. Son conocidos popularmente como triazoles.

Todos los miembros de este grupo afectan la misma enzima responsable de una reacción de di-metilación en la ruta metabólica de la biosíntesis del ergosterol. Este grupo posee una gran cantidad de fungicidas que varían significativamente en sus propiedades biológicas con respecto al patógeno y al movimiento en la planta. Pertenecen al grupo 3 de FRAC, con un riesgo medio de resistencia.

Propiconazole fue el primer fungicida de esta familia en mostrar pérdida de sensibilidad desde 1987. A partir de esa fecha, se ha reportado resistencia en diferentes regiones bananeras del mundo. Existe resistencia cruzada entre los diferentes fungicidas aún cuando no es total. Entre los principales miembros de

esta familia se encuentra el propiconazole, el difenoconazole y el epoxiconazole, entre los más usados.

Aminas (A)

Las aminas también actúan sobre la síntesis del ergosterol, pero en sitios diferentes a los DMI's. Estos productos interfieren con dos enzimas diferentes: una isomerasa y una reductasa. El primer producto introducido en banano fue el tridemorf desde 1981, y hasta la fecha no se reporta resistencia a nivel de campo. El tridemorf se encuentra en proceso de salida, pero se mantiene el fenpropimorf, la spiroxamina y el fenpropidin como moléculas que pertenecen a esta familia. Las aminas pertenecen al grupo 5 de FRAC, y se considera que poseen de bajo a medio riesgo de resistencia.

Anilino-pirimidinas (AP)

Son fungicidas muy activos contra un amplio rango de hongos. Interfieren con la secreción de enzimas que el patógeno requiere en su patogénesis. Hay resistencia cruzada entre todos los miembros del grupo, pertenecen al grupo 9 de FRAC con riesgo medio de resistencia. En banano, el único representante de esta familia es el pirimetanil.

Inhibidores del sitio Externo de la Quinona (QoI)

Este grupo de fungicidas, también conocidas como estrobilurinas, son activos contra una gran cantidad de patógenos, incluyendo importantes géneros pertenecientes a los ascomicetos, basidiomicetos y oomicetos. Estos productos inhiben los patógenos bloqueando su habilidad de producir energía al interferir con el transporte de electrones en el sitio externo de la quinona en el complejo bc1. Para el manejo de la Sigatoka negra se han usado el azoxystrobin, el trifloxistrobin y el piraclostrobin. Estos productos pertenecen al grupo 3 de FRAC, y se consideran de alto riesgo de resistencia. En el caso particular de banana ya se ha detectado la presencia de cepas resistentes lo que ha limitado el uso de estos productos en muchas zonas bananeras del mundo.

Inhibidores de Succinato Deshidrogenasa (SDHI)

Este grupo también actúa en la respiración del patógeno pero en un lugar diferente a los QoI. Ellos actúan en el complejo II de la cadena respiratoria mitocondrial. Se conocen como carboxamidas, y son considerados fungicidas con riesgo medio a alto de resistencia. Pertenecen al grupo 7 de FRAC, y en banana se emplea el boscalid y el isopyrazam para el control de la Sigatoka negra. Otro miembro de este grupo, el fluopyram, también se utiliza en banana pero se aplica al suelo para atacar el complejo de patógenos del deterioro radical.

Guanidinas

El único miembro de este grupo disponible en banana es el dodine. Es un fungicida con actividad preventiva y curativa y acción traslaminar, con cierta actividad sistémica. Se ha propuesto que su acción es en la disolución del estrato lipídico de la membrana con la consiguiente deshidratación de la célula. Pertenece al grupo U12 donde se encuentran los fungicidas como modo de acción desconocido. Se considera de bajo a medio riesgo de resistencia.

Aceite Agrícola

Como complemento de los fungicidas se utiliza el aceite agrícola, el cual posee propiedades importantes para el combate del patógeno, entre las que se incluyen: una mejor penetración, distribución y permanencia del fungicida aplicado, así como reducir el crecimiento del hongo.

La dosis de aceite varía de 5 a 15 L por hectárea, y puede ser aplicado puro o en emulsión con agua. Hoy en día, la mayoría de los fungicidas sistémicos son aplicados con aceite para optimizar su desempeño. Se considera que el aceite puede afectar el rendimiento del cultivo; sin embargo, un pobre control de la enfermedad tendrá un efecto mayor en la productividad que el impacto que pueda tener la acumulación de aceite.

En la actualidad, la mayoría de aceites minerales disponibles en el mercado son aceites parafínicos altamente refinados con muy buena actividad biológica y baja toxicidad al cultivo.

Cuadro 1. Fungicidas comúnmente utilizados en el control de Sigatoka negra en banano.

Fungicida	Ingrediente Activo	Producto Comercial	Fabricante	Formulación	Dosis (g i.a/ha)	Dosis (L ó Kg P.C./ha)
PROTECTANTE	Mancozeb	Dithane 60 SC	CORTEVA	600 SC	1.200	2,00
		Mancozin 43 SC	Crystal	430 SC	1.290	3,00
	Chlorotalonil	Bravo 720 SC	Syngenta	720 SC	1.080	1,50
		Daconil 720 SC	Syngenta	720 SC	1.080	1,50
	Metiram	Polyram 80 WG	BASF	800 WG	960 - 1,120	1,20 - 1,40
	Thiram	Thiram 42 SC	Eastman	420 SC	1.050 - 1.260	2,50 - 3,00
	Propineb	Antracol 70 WP	Bayer	700 WP	1.050	1,50
	Bacillus subtilis	Serenade 1,34 SC	Bayer	134 SC	134	1,00
Bacilus pumilus	Sonata 1,43 SC	Bayer	143 SC	143	1,00	
DMI's	Propiconazole	Tilt 250 EC	Syngenta	250 EC	100	0,40
		Bumper 250 EC	Adamá	250 EC	100	0,40
	Difenoconazole	Sico 250 EC	Syngenta	250 EC	100	0,40
		Paladium 250 EC	Adamá	250 EC	100	0,40
	Epoxiconazole	Opal 7.5 EC	BASF	75 EC	97,5	1,30
		Opus 12.5 EC	BASF	125 EC	62,5	0,50
		Sopral 7.5 EC	Adamá	75 EC	97,5	1,30
	Tebuconazole	Folicur 25 EW	Bayer	250 EW	100	0,40
		Orius 250 EC	Adamá	250 EC	100	0,40
	Tebuconazole + Triadimenol	Silvacur 300 EC	Bayer	225 + 75 EC	120	0,40
Aminas	Spiroxamine	Impulse 80 EC	Bayer	800 EC	320	0,40
	Tridemorf	Calixin 86 OL	BASF	860 OL	430	0,50
		Calimorf 86 OL	Crystal	860 OL	430	0,50
	Fenpropimorf	Volley 86 OL	BASF	860 OL	430	0,50
	Fenpropidin	Seeker 75 EC	Syngenta	750 EC	450	0,60
Instinct 750 EC		FMC	750 EC	450	0,60	
Anilino Pirimidinas	Pyrimethanil	Siganex 60 SC	Bayer	600 SC	360	0,60
Guanidinas	Dodine	Syllit 400 SC	Arysta	400 SC	400	1,00
Qoi's	Azoxystrobin	Bankit 250 EC	Syngenta	250 EC	100	0,40
	Pyraclostrobin	Regnum 25 EC	BASF	250 EC	100	0,40
	Trifloxystrobin	Tega 25 EC	Bayer	250 EC	87,5	0,35
SDHI's	Boscalid	Cumora 50 SC	BASF	500 EC	150	0,30
	Isopyrazam	Reflect 12.5 EC	Syngenta	125 EC	75	0,60

Lineamientos del Comité de Acción contra Resistencia a los Fungicidas (FRAC)

El grupo de trabajo de FRAC genera recomendaciones para el diseño de estrategias para el manejo de resistencia a fungicidas en el cultivo de banano y busca representar las principales áreas de banano a nivel mundial.

En términos generales, el uso de fungicidas de diferentes modos de acción aplicados tanto en mezclas (mezclas preparadas como mezclas de tanque) como en alternancia entre fungicidas, que no tengan resistencia cruzada, son propuestas aceptables para minimizar el riesgo de desarrollar resistencia. Estas estrategias son válidas para todos los fungicidas con sitio de acción específicos y en situaciones donde hay necesidad de adaptarse a un cambio por reducción en la sensibilidad.

La reducción del número de aplicaciones por año es otra herramienta importante para el manejo antiresistencia. Una combinación de un número limitado de ciclos de aplicación, alternancia y uso de mezclas permitirá usar todas las herramientas disponibles para el manejo de resistencia.

El uso de medidas eficientes de manejo integrado de enfermedades en paralelo con programas de aspersión de fungicidas p.e variedades resistentes, medidas de control biológico y buenas prácticas agrícolas disminuirá la presión de selección, y por tanto, el riesgo de resistencia. En el caso de que nuevos fungicidas estén disponibles en el futuro, las modificaciones a estas directrices se harán conforme sea necesario.

Para que una mezcla de dos fungicidas, sin resistencia cruzada, sea efectiva como estrategia de manejo de resistencia, debe emplear dosis de cada componente lo suficientemente alta para suministrar un control satisfactorio cuando se emplea solo a la misma dosis.

La dosis recomendada en la etiqueta de cada componente de la mezcla debe ser respetada.

Los fungicidas protectantes (e.g. multi-sitio) son considerados como valiosos y como herramientas necesarias para los programas de manejo de la Sigatoka negra y de la resistencia a fungicidas.

La sincronización de las aplicaciones del mismo grupo de fungicidas pueden ayudar en el manejo de la resistencia.

Métodos alternativos de aplicación, como inyección a la planta o aplicaciones localizadas al suelo utilizando fungicidas de alto riesgo de resistencia (por ejemplo DMI's, Qol's y SDHI's), se considera que poseen un riesgo de afectar la eficacia de aplicaciones foliares debido a la presión de selección adicional que representan. Estas tecnologías es muy probable que aumenten el riesgo de resistencia para cualquiera de los fungicidas usados.

En el **Cuadro 2** se presenta un resumen de las recomendaciones de FRAC para el uso de los principales fungicidas asociados al cultivo de banano.

Cuadro 2. Recomendaciones de uso de fungicidas para el manejo de la Sigatoka de acuerdo con FRAC (Abril, 2018)

Familia Fungicida	Máximo Ciclos	Proporción (%)	Aplicación*
Triazoles (T)	8	<50	Mezcla, NB
Aminas (A)	15	<50	Solo, Mezcla (2)
Estrobilurinas (E)	3	<33	Mezcla, NB (3 m)
Benzimidazoles (B)	3	<33	Mezcla, NB (3 m)
AnilinoPirimidinas (AP)	8	<50	Mezcla, NB
Carboxamidas (C)	3	<33	Mezcla, NB (3 m)
Guanidinas (G)	6	<50	Mezcla, NB
Protectantes (P)	No hay	-	Solo, Mezcla, Bloque

*Describe la forma recomendada de aplicación de los fungicidas: Mezcla (combinación de dos productos de modo de acción diferente), Sólo (no se requiere de su aplicación en mezcla, aunque es lo más recomendable), NB (No se recomienda la aplicación en bloques. En paréntesis se indica el número de aplicaciones seguidas, o en su defecto, el número mínimo de meses que debe existir entre dos ciclos de la misma familia química).

Literatura Consultada

FRAC. 2018. Minutas de la Reunión del Grupo de Trabajo de Banano.

Marín, D.; Romero, R. 1992. El combate de la Sigatoka negra. Corporación Bananera Nacional, S.A., Departamento de Investigaciones, Boletín de No. 4.

Marín, D.H.; Guzmán, M.; Pérez-Vicente, L.; Romero, R.A. 2018. Cultural Control. *In Sigatoka Leaf Spots, Handbook of Diseases of Banana, Abacá and Enset*, D.R. Jones, ed. (*in press*)

Romero, R.A.; Pérez-Vicente, L.; Guzmán, M. 2018. Chemical Control. *In Sigatoka Leaf Spots, Handbook of Diseases of Banana, Abacá and Enset*, D.R. Jones, ed. (*in press*)